(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
12 février 2009 (12.02.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/019380 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F28D 15/04 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2008/051326

(22) Date de dépôt international : 11 juillet 2008 (11.07.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0705769 8 août 2007 (08.08.2007) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **ASTRIUM SAS** [FR/FR]; 6, rue Laurent Pichat, F-75016 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant *(pour US seulement)* : **FIGUS, Christophe** [FR/FR]; 6, impasse André Armengaud, F-31280 Dremil Lafage (FR).

(74) Mandataires : **BEROGIN, Francis** etc.; Cabinet Plasseraud, 52, rue de la Victoire, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :
— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))*

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title:** THERMAL REGULATION PASSIVE DEVICE WITH FLUID MICRO LOOP AND CAPILLARY PUMPING

(54) **Titre :** DISPOSITIF PASSIF DE REGULATION THERMIQUE A MICRO BOUCLE FLUIDE A POMPAGE CAPILLAIRE

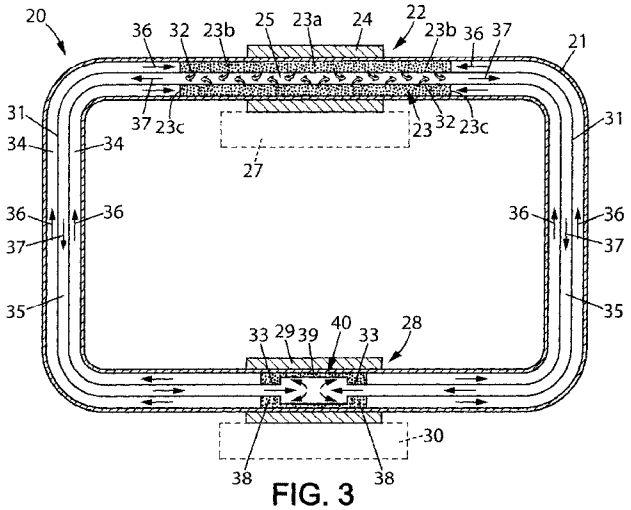


FIG. 3

(57) **Abstract:** The device (20) includes an evaporator (22) and a condenser (28) connected by an outer tube (21) in which extends at least one inner tube (31) having one end leading into the condenser (28) and another end connected to an end of a central duct (25) for collecting the vapours of a heat-carrier fluid, in a microporous mass (23) provided in the outer tube (21) and pumping by capillarity the liquid-phase fluid flowing in at least one outer duct (34) between the outer (21) and inner (31) tubes from the condenser (28) to the evaporator (22), while the vapour-phase fluid flows from the evaporator (22) to the condenser (28) in at least one inner duct (35) inside said at least one inner tube (31). The invention can be used for the thermal energy transfer from an electronic component or circuit in relation with the evaporator (22) to a cold source (30) in relation with the condenser (28).

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/019380 A1

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

(57) Abrégé : Le dispositif (20) comprend un évaporateur (22) et un condenseur (28) reliés par un tube externe (21) dans lequel s'étend au moins un tube interne (31) dont une extrémité débouche dans le condenseur (28) et l'autre extrémité est raccordée à une extrémité d'un conduit central (25) collecteur de vapeur d'un fluide caloporteur, dans une masse microporeuse (23) logée dans le tube externe (21) et pompant par capillarité le fluide en phase liquide circulant dans au moins une conduite externe (34) entre tubes externe (21) et interne (31), du condenseur (28) vers 1 ' évaporateur (22), tandis que le fluide en phase vapeur s'écoule de 1 ' évaporateur (22) vers le condenseur (28) dans au moins une conduite interne (35) à l'intérieur dudit au moins tube interne (31). Application au transfert d'énergie thermique d'un composant ou circuit électronique, en relation avec 1 ' évaporateur (22), à une source froide (30) en relation avec le condenseur (28).

DISPOSITIF PASSIF DE REGULATION THERMIQUE A MICRO BOUCLE FLUIDE A POMPAGE CAPILLAIRE

La présente invention concerne un dispositif purement passif de régulation thermique, comportant au moins une boucle de transfert thermique à circulation d'un fluide caloporteur par pompage capillaire, du type également dénommé micro-boucle fluide à pompage capillaire, et utilisé pour le refroidissement de sources chaudes, telles que des composants ou ensembles de composants (circuits) électroniques.

Suivant l'état de la technique, une boucle à transfert thermique comprend un évaporateur destiné à extraire de la chaleur d'une source chaude, et un condenseur, destiné à restituer cette chaleur à une source froide. L'évaporateur et le condenseur sont reliés par une tuyauterie, dans laquelle circule un fluide caloporteur à l'état liquide dans la partie froide de la boucle, et à l'état gazeux dans la partie chaude de cette boucle. Le dispositif de l'invention concerne plus particulièrement des boucles fluides, dont le pompage du fluide caloporteur est assuré par capillarité (boucle capillaire). Dans ce type de boucle, l'évaporateur est associé à une réserve de fluide à l'état liquide, et comprend une masse microporeuse (également appelée mèche) assurant le pompage du fluide par capillarité. Le fluide en phase liquide présent dans la réserve associée à l'évaporateur s'évapore dans la masse microporeuse sous l'effet de la chaleur provenant de la source chaude. Le gaz ainsi créé est évacué vers le condenseur, en contact d'échange thermique avec la source froide et où il se condense et revient en phase liquide vers l'évaporateur, pour créer ainsi un cycle de transfert de chaleur.

Une des limitations d'une telle boucle de transfert thermique en fonctionnement réside dans la quantité, plus ou moins importante, d'énergie thermique qui est transférée vers la réserve liquide, au travers de l'évaporateur.

Un premier effet de ce phénomène parasite est de réchauffer le liquide circulant dans la boucle ou contenu dans la réserve de l'évaporateur. Un second effet parasite est de diminuer la performance thermique de la boucle de transfert, qui est très sensible à la température de ce liquide. En effet, une telle boucle de transfert transporte la quasi-totalité de l'énergie par changement de phase du fluide caloporteur, et requiert, pour fonctionner, quelques frigories pour maintenir à l'état liquide le fluide circulant du condenseur vers l'évaporateur. Un échauffement, même partiel, de ce liquide par un biais quelconque dégrade donc très sensiblement la performance de transfert thermique de la boucle, jusqu'à aboutir éventuellement à son arrêt total.

L'objet de la présente invention concerne les dispositifs passifs de régulation thermique à micro boucles à pompage capillaire, destinés au refroidissement de sources chaudes telles que des composants et/ou circuits électroniques. Selon l'état de la technique, de tels composants ou circuits électroniques se particularisent par une taille réduite (épaisseur 1 à 2 mm, surface 10 à 100 mm^2, par exemple), et de fortes densités de puissance à évacuer (plus de 50 W/cm^2, par exemple). De plus, la variation de température entre la jonction du composant ou circuit électronique et le boîtier dudit composant ou circuit est très grande (dans un facteur de 2 à 3) devant la variation de température du

boîtier du composant ou circuit et la température d'une semelle d'une carte où est implanté le composant ou circuit.

L'utilisation d'une boucle de transfert de chaleur à pompage capillaire à la taille du composant ou circuit, appelée micro-boucle, permet de réduire avantageusement l'écart de température entre la jonction du composant ou circuit et la semelle de la carte où il est implanté, et ainsi d'augmenter la fiabilité du composant ou circuit, en augmentant la puissance dissipée par ce composant ou circuit.

Une telle micro-boucle à pompage capillaire se caractérise en ce que ses dimensions sont réduites (épaisseur typique de 1 à 2 mm, surface typique de 10 à 100 mm^2), afin de permettre son installation au plus près, voir à l'intérieur, du composant ou circuit.

Un premier inconvénient de l'état de la technique pour la réalisation d'un tel dispositif réside dans le fait que la réduction de taille de la dite micro-boucle favorise le transfert parasite de chaleur vers la réserve de liquide, ce qui dégrade fortement la performance de la boucle. Cet inconvénient est une des principales limitations pour la réduction de taille de l'évaporateur d'une micro-boucle suivant l'état de la technique.

Par exemple, un dispositif à boucle fluide représentatif de l'état de la technique est celui décrit dans le brevet US7111394. Dans ce dispositif, tel que représenté schématiquement en coupe longitudinale sur la figure 1 et en coupe transversale sur la figure 2 qui sont annexées, et disposé dans un tube 10 fermé étanche à ses deux extrémités, l'évaporateur 11 est relié à un réservoir de liquide 15, et comprend une masse

microporeuse 12 de forme globalement cylindrique, percée d'une artère centrale 14, à l'intérieur de laquelle circule la phase liquide 19 du fluide revenant du condenseur 16 vers le réservoir 15. Autour de cette artère 14, à la périphérie de la masse microporeuse 12, sont percés des conduits 13 dans lesquels est collectée la vapeur 18 résultant de l'échange thermique s'effectuant dans l'évaporateur 11, entre la masse 12 et le fluide en phase liquide dans le réservoir 15, et pompé par capillarité par la masse microporeuse 12. On note que la phase vapeur 18 est confinée à la périphérie de la masse 12, au plus près de la zone où s'effectue l'échange thermique entre la source chaude (par exemple un composant électronique en contact contre la face externe du tube 10 au niveau de l'évaporateur 11) et l'évaporateur 11. La phase vapeur est ainsi maintenue à une distance suffisante de la phase liquide centrale, évitant que les flux de chaleur parasites inévitablement présents dans la masse 12 ne réchauffent trop la phase liquide et nuisent à l'efficacité de la boucle. La phase vapeur collectée dans les conduits 13 de la masse 12 est guidée vers le condenseur 16 par l'espace annulaire entre le tube externe 10 et un tube interne 17, en une ou plusieurs parties, raccordé par une extrémité à l'extrémité de l'artère centrale 14 de la masse 12, tandis que son extrémité opposée débouche dans le condenseur 16 et communique avec le volume annulaire entre les tubes 10 et 17, pour recueillir les condensats et recycler la phase liquide vers le réservoir 15.

Cependant, si on cherche à miniaturiser ce dispositif, jusqu'à un diamètre extérieur de l'évaporateur 11 de typiquement 1 à 2 mm, les conduits périphériques 13 seront très proches de l'artère interne 14 amenant le

liquide, et ce d'autant plus que les diamètres des conduits 13 et de l'artère 14 doivent être d'une dimension suffisante pour assurer un débit de fluide permettant un transport efficace de la chaleur à évacuer. Des flux de chaleur parasites importants vont alors inévitablement s'installer de la vapeur vers le liquide, le liquide se réchauffera et l'efficacité de la boucle s'effondrera.

Un autre inconvénient de ce dispositif représentatif de l'état de la technique provient également de la complexité de réalisation, dès lors qu'on souhaite miniaturiser le dispositif.

Pour pallier ces inconvénients de l'état de la technique, l'invention propose un dispositif à au moins une micro-boucle, très simple à réaliser, limitant ces effets parasites et améliorant ainsi la performance thermique de chaque micro-boucle. Le dispositif selon l'invention est également avantageux pour des boucles fluides de dimension et de capacité de transfert thermique plus importantes.

A l'effet de remédier aux inconvénients précités, l'invention propose un dispositif passif de régulation thermique, comportant au moins une boucle de transfert thermique à pompage capillaire d'un fluide caloporteur, ladite boucle comprenant un évaporateur comportant une masse microporeuse, et un condenseur, destinés à être en relation d'échange thermique avec respectivement une source chaude et une source froide, et une tuyauterie reliant l'évaporateur au condenseur et transportant le fluide caloporteur essentiellement en phase vapeur de l'évaporateur vers le condenseur et essentiellement en phase liquide du condenseur vers l'évaporateur, la tuyauterie comprenant un tube externe, logeant la masse

microporeuse de forme sensiblement allongée, et qui assure la circulation de fluide caloporteur en phase liquide par pompage capillaire, qui se caractérise en ce que ladite phase liquide dudit fluide est pompée par au moins une extrémité de la masse microporeuse qui est tournée vers le condenseur, et circule dans au moins une conduite externe délimitée entre ledit tube externe et au moins un tube interne s'étendant dans ledit tube externe, et la phase vapeur dudit fluide chauffé dans la masse microporeuse de l'évaporateur est collectée dans un conduit central longitudinal ménagé dans ladite masse microporeuse et s'évacue par au moins une conduite interne délimitée dans ledit au moins un tube interne, ledit au moins un tube interne étant raccordé par une extrémité à une extrémité dudit conduit central, tandis que la phase vapeur s'évacue à l'autre extrémité dudit au moins un tube interne, au niveau du condenseur.

Selon un premier mode avantageux de réalisation du dispositif, ledit tube externe est refermé sur lui-même en formant une boucle continue, dont deux parties sensiblement opposées, par rapport au centre de ladite boucle, sont en relation d'échange thermique l'une avec ledit condenseur, et l'autre avec ledit évaporateur et avec ladite masse microporeuse, logée dans ladite autre partie du tube externe, et traversée sur toute sa longueur par ledit conduit central, deux tubes internes s'étendant dans ledit tube externe, chacun des deux tubes internes étant raccordé, par une première extrémité, à l'une respectivement des deux extrémités du conduit central de ladite masse microporeuse, tandis que la seconde extrémité de chaque tube interne débouche, dans ledit condenseur en regard de la seconde extrémité de l'autre tube interne de sorte à faire communiquer la conduite interne de fluide en

phase vapeur délimitée dans chaque tube interne avec ladite au moins une conduite externe de fluide en phase liquide s'écoulant du condenseur vers la face d'extrémité correspondante de ladite masse microporeuse.

Selon un second exemple particulier de réalisation, avantageux sur le plan de la simplicité, ledit tube externe est fermé à ses deux extrémités, et ses deux extrémités sont en relation d'échange thermique l'une avec ledit condenseur, et l'autre avec ledit évaporateur et avec ladite masse microporeuse logée dans cette extrémité du tube externe, ladite phase liquide dudit fluide est pompée par l'extrémité de la masse microporeuse tournée vers le condenseur, et circule dans une conduite externe délimitée entre ledit tube externe et un tube interne s'étendant dans ledit tube externe, et la phase vapeur dudit fluide chauffé au niveau de la masse microporeuse de l'évaporateur est collectée dans un conduit central longitudinal ménagé dans ladite masse microporeuse et s'évacue par la conduite interne délimitée dans ledit tube interne, ledit tube interne étant raccordé par une extrémité à une extrémité dudit conduit central, tandis que la phase vapeur s'évacue à l'autre extrémité dudit tube interne, au niveau du condenseur.

Dans tous les cas, pour faciliter le pompage du liquide condensé dans le condenseur et séparer les phases vapeur et liquide à ce niveau, il est avantageux que ladite autre extrémité dudit au moins un tube interne située au niveau du condenseur soit emmanchée dans une masse microporeuse annulaire remplissant un espace délimité dans ledit condenseur entre ladite autre extrémité dudit tube interne et ledit tube externe.

En outre, de préférence, le liquide se condensant au niveau du condenseur est drainé jusqu'à la dite masse microporeuse annulaire, avantageusement le long de la paroi dudit tube externe par exemple par un drain capillaire ou une masse microporeuse située le long de la paroi dudit tube externe au niveau dudit condenseur.

Si les contraintes d'encombrement du dispositif le permettent, avantageusement, chacun de l'évaporateur et du condenseur comprend au moins un manchon externe en un matériau bon conducteur de la chaleur, ledit au moins un manchon de l'évaporateur entourant, au moins partiellement, une partie du tube externe qui loge ladite masse microporeuse, et ledit au moins un manchon du condenseur entourant une partie du tube externe dans laquelle au moins une conduite interne libère le fluide en phase vapeur vers ladite au moins une conduite externe.

Dans ces cas, l'un au moins des manchons externes de l'évaporateur et du condenseur comporte au moins une semelle en un matériau bon conducteur de la chaleur et par laquelle ledit manchon est destiné à être mis en relation d'échange thermique avec une source respectivement chaude ou froide.

Dans ces différentes réalisations, ledit au moins un tube interne a ses parois constituées en au moins un matériau isolant thermiquement, de préférence en une matière synthétique dite plastique, afin d'assurer une bonne isolation thermique entre la phase vapeur circulant dans le tube interne et la phase liquide circulant dans la ou les conduite(s) située(s) entre le tube interne et le tube externe.

Dans un mode de réalisation avantageux, ledit au moins un tube interne d'évacuation de la vapeur pénètre à

l'intérieur de ladite masse microporeuse afin d'assurer une plus grande étanchéité entre les phases vapeur et liquide du fluide au niveau de la masse microporeuse.

Avantageusement, ledit tube interne comporte dans sa paroi externe au moins un drain capillaire défini par exemple par au moins une rainure sensiblement longitudinale, au moins au niveau de la partie dudit tube interne qui pénètre dans la masse microporeuse, de sorte à amener la phase liquide profondément à l'intérieur de ladite masse microporeuse par capillarité.

Avantageusement dans tous les cas, la paroi externe dudit au moins un tube interne comporte des drains capillaires définis par exemple par des rainures sensiblement longitudinales se prolongeant de préférence sur l'ensemble de la longueur dudit tube.

Selon une autre variante avantageuse de réalisation, en dehors de ladite masse microporeuse, la paroi externe dudit au moins un tube interne est en contact avec la paroi interne dudit tube externe, sauf au niveau d'au moins un drain capillaire défini par au moins une rainure sensiblement longitudinale creusée dans la surface externe dudit tube interne et définissant au moins une conduite externe amenant la phase liquide dudit fluide.

Ladite masse microporeuse a avantageusement une forme externe sensiblement cylindrique, ainsi que la partie dudit tube externe qui la loge sans jeu radial.

Afin de préserver une bonne efficacité de la boucle en évitant les phénomènes parasites, ledit évaporateur présente une zone destinée à être en contact d'échange thermique avec ladite source chaude et dont une dimension selon l'axe dudit tube externe est significativement plus

petite que la longueur de ladite masse microporeuse, de préférence de l'ordre de la moitié de ladite longueur de ladite masse.

En outre, ladite masse microporeuse présente une longueur qui est d'environ 2 à 15 fois plus importante que son diamètre de sorte à créer une réserve de liquide importante éloignée de la zone d'échange thermique avec la source chaude.

Avantageusement de plus, ledit tube externe est en contact d'échange thermique avec ladite masse microporeuse sur toute la surface externe de ladite masse hormis une ou ses deux faces d'extrémité longitudinale.

Dans une réalisation simple, ledit tube externe est de section de diamètre constant.

En outre, le tube externe est avantageusement réalisé en un matériau bon conducteur de la chaleur, au moins dans une partie en relation d'échange thermique avec ladite masse microporeuse, et dans une autre partie en relation d'échange thermique avec ledit condenseur ou constituant ce dernier.

En pratique, ledit tube externe est métallique, de préférence en acier inoxydable.

Selon une structure simplifiée, ledit tube externe et ledit au moins un tube interne sont cylindriques de section transversale circulaire, le diamètre dudit au moins un tube interne étant sensiblement la moitié du diamètre du tube externe.

L'invention a également pour objet, l'application d'un dispositif passif de régulation thermique à au moins une boucle de transfert thermique selon l'invention et telle que définie ci-dessus, au transfert d'énergie thermique

d'une source chaude, tel qu'un composant ou ensemble de composants électroniques, en relation d'échange thermique avec l'évaporateur, à une source froide, en relation d'échange thermique avec le condenseur.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description donnée ci-dessous, à titre non limitatif, d'exemples particuliers de réalisation décrits en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'un exemple de dispositif à boucle fluide suivant le brevet US 7,111,394;

- la figure 2 est une vue en coupe transversale au niveau de la masse microporeuse de l'exemple de la figure 1, selon US 7,111,394, les figures 1 et 2 étant déjà décrites ci-dessus ;

- la figure 3 est une vue schématique en coupe longitudinale d'un dispositif à micro-boucle fluide suivant l'invention ;

- la figure 4 est une vue en coupe longitudinale à plus grande échelle d'un détail du dispositif de la figure 3 autour de la masse microporeuse ;

- la figure 5 est une vue en coupe transversale selon V-V de la figure 4 au niveau de l'évaporateur ;

- la figure 6 est une vue analogue à la figure 3 d'une variante simplifiée de dispositif à micro-boucle fluide suivant l'invention ;

- la figure 7 est une vue schématique en coupe longitudinale, à plus petite échelle que la figure 3 et limitée aux portions du dispositif incluant l'évaporateur

et le condenseur, d'une variante de réalisation du dispositif de la figure 3 ;

- la figure 8 est une vue en coupe transversale selon VIII-VIII de la figure 7 ;

- la figure 9 est une vue schématique en coupe longitudinale au niveau de l'évaporateur, d'une autre variante de réalisation du dispositif de l'invention ; et

- la figure 10 est une vue en coupe transversale selon XX de la figure 9.

Un premier exemple de réalisation du dispositif passif de régulation thermique de l'invention est illustré sur la figure 3, représentant l'ensemble d'une micro-boucle double en coupe longitudinale, la figure 4 représentant une coupe longitudinale de la zone de la boucle englobant l'évaporateur et la figure 5 représentant une coupe transversale de l'évaporateur en son centre. Toutes les valeurs numériques et caractéristiques techniques relatives aux matériaux et fluides données ci-après ne sont qu'indicatives. Ces indications sont compatibles d'une réalisation industrielle de l'invention avec les moyens actuels de la technique.

Dans cette réalisation, le dispositif à micro-boucle fluide à pompage capillaire 20 comprend un tube externe 21 aux parois réalisées en un matériau bon conducteur de la chaleur, avantageusement métallique, par exemple en acier inoxydable, qui est un tube par exemple cylindrique de section transversale circulaire, d'un diamètre extérieur constant de 2 mm, et d'une épaisseur de paroi de 0.2 mm. Ce tube 21 est refermé sur lui-même en boucle continue pour former un circuit fermé, dans lequel circule un fluide caloporteur, qui peut être typiquement de

l'ammoniac, de l'eau, ou tout autre fluide diphasique. Un tube de remplissage de la micro-boucle se raccordant au tube principal 21 n'est pas représenté sur la figure 3 pour simplifier le schéma.

Au niveau d'un évaporateur 22, une masse microporeuse ou mèche 23, de forme cylindrique de section circulaire, est positionnée sans jeu radial à l'intérieur d'un tronçon du tube 21. Le diamètre extérieur de la masse microporeuse 23 est donc de 1.6 mm, et sa longueur est par exemple de 20 mm. La masse microporeuse peut être d'un seul bloc de même constitution, avec des pores dont le diamètre ou la dimension principale est de l'ordre de 1 à 10 µm. Dans une variante de réalisation, les pores peuvent être d'une dimension éventuellement variable, par exemple allant de gros pores aux zones d'extrémités axiales 23b de la mèche 23 pour favoriser le pompage capillaire du liquide et son isolation vis-à-vis de flux thermiques parasites provenant de la source chaude 27 et de la zone centrale 23a de la mèche 23, vers des petits pores dans la zone centrale 23a de la mèche 23, où se produit la vaporisation du fluide liquide pompé, comme expliqué ci-dessous.

L'évaporateur 22 comprend également un manchon 24 cylindrique, également de section circulaire, qui est traversé axialement et sans jeu radial sensible par la portion du tube externe 21, qui entoure la masse microporeuse 23, ce manchon 24 étant réalisé en un matériau bon conducteur de la chaleur, de préférence métallique, et, éventuellement, de même nature que le tube extérieur 21, c'est-à-dire en acier inoxydable, la longueur de ce manchon 24, selon son axe, qui est aussi celui de ce tronçon du tube 21 et de la masse microporeuse

23 (car ces trois éléments sont sensiblement coaxiaux) étant environ la moitié de la longueur de la masse 23.

Ainsi, le manchon 24 est en bonne relation d'échange thermique avec le tube externe 21, lequel est également en bonne relation d'échange thermique avec la masse microporeuse 23, sur toute la surface externe de cette dernière hormis ses deux faces d'extrémités longitudinales 23c reliées l'une à l'autre par un conduit central 25 cylindrique de section circulaire, qui traverse cette masse 23 de part en part.

De plus, comme représenté sur la figure 5, le manchon 24 de l'évaporateur 22 est solidaire d'une semelle 26, et de préférence d'une seule pièce avec cette dernière, dont la dimension axiale peut être de préférence la même que celle du manchon 24, et qui constitue une zone par laquelle l'évaporateur 22 peut être mis en relation d'échange thermique avec une source chaude 27, schématisée en pointillés sur les figures 3, 4 et 5 par un corps parallélépipédique, qui peut être un circuit ou un composant électronique à refroidir, et contre lequel la semelle 26 est en contact plan favorisant les transferts thermiques par conduction de la source chaude 27 à la semelle 26 et donc au manchon 24, lui-même en bonne relation d'échange thermique, comme déjà mentionné ci-dessus, avec la masse microporeuse 23, du fait, du montage coaxial sans jeu radial de cette masse 23 dans un tronçon du tube 21, et de ce dernier dans le manchon 24 de l'évaporateur 22.

La semelle 26 de l'évaporateur 22 en contact thermique avec la source chaude 27 a ainsi une dimension d'environ 10 mm suivant l'axe du tube externe 21, et cette semelle 26 est centrée par rapport à la masse microporeuse

23, de sorte que les deux zones et faces d'extrémités 23b et 23c de la masse microporeuse 23 sont éloignées de la zone centrale 23a d'échange thermique avec la source chaude 27.

Pour améliorer les échanges thermiques au niveau des surfaces de contact, la masse microporeuse 23 est assemblée à la paroi cylindrique interne du tube 21, et la paroi cylindrique externe de ce tube 21 est elle-même assemblée à la paroi cylindrique interne du manchon 24 de l'évaporateur 22 par tout moyen qui permet d'assurer le meilleur contact thermique possible, par exemple par collage, frittage ou tout autre moyen.

Le dispositif comprend également un condenseur 28 monté, dans cet exemple, au niveau d'un tronçon rectiligne du tube externe 21 qui est à l'opposé du tronçon rectiligne de tube 21 traversant l'évaporateur 22, dans la boucle formée par ce tube externe 21 et par rapport au centre de cette boucle. De même que pour l'évaporateur 22, le condenseur 28 comprend un manchon 29 cylindrique, en un matériau bon conducteur de la chaleur, de préférence métallique, qui est en bon contact d'échange thermique avec le tronçon de tube 21 qui le traverse, d'une part, et, d'autre part, avec une source froide 30, schématisée sur la figure 3 par un rectangle en pointillé, et qui peut être un puits de chaleur, par exemple un élément métallique d'une structure porteuse.

Comme pour l'évaporateur 22, le manchon 29 du condenseur peut éventuellement comporter une semelle (non représentée) favorisant le contact d'échange thermique avec la source froide 30, et, comme dans l'évaporateur 22, des mesures peuvent être prises pour favoriser le contact

thermique entre le manchon 29 du condenseur 28 et la portion de tube externe 21 qui le traverse.

Le dispositif comprend également deux tubes internes 31, qui, dans cet exemple, sont sensiblement identiques l'un à l'autre, cylindriques de section circulaire, d'un diamètre constant qui est sensiblement la moitié de celui du tube externe 21, et qui sont réalisés en un matériau thermiquement isolant, par exemple en une matière de synthèse dite plastique.

A titre d'exemple, leur diamètre extérieur est de 1 mm, et leur épaisseur de paroi est de 0.1 mm.

Chacun de ces tubes internes 31 présente une première extrémité 32, par laquelle il est emmanché et fixé dans l'une respectivement des deux extrémités longitudinales du conduit central longitudinal 25, par exemple d'un diamètre de 0.8 mm, de la masse microporeuse 23, comme représenté plus précisément sur la figure 4, de sorte que chacun des tubes internes 31 est raccordé à la masse microporeuse 23 par emmanchement de sa première extrémité 32 dans l'une respectivement des deux zones d'extrémités longitudinales 23b de cette masse 23. Le raccordement des tubes internes 31 avec la masse microporeuse 23 doit être étanche afin d'éviter que les phases liquide et vapeur se retrouvent en contact à ce niveau là.

La seconde extrémité 33 de chacun des deux tubes internes 31 pénètre dans le tronçon du tube externe 21 traversant le manchon 29 du condenseur 28, dans lequel chaque seconde extrémité 33 débouche librement en regard de la seconde extrémité 33 de l'autre tube interne 31, de sorte que le tube externe 21 et les deux tubes interne 31 délimitent une conduite externe 34 annulaire, à l'intérieur du tube externe 21 et à l'extérieur des tubes

internes 31, et deux conduites internes 35 chacune à l'intérieur de l'un respectivement des deux tubes internes 31.

Afin de séparer la phase vapeur de la phase liquide générée par condensation au niveau du condenseur 28, il peut être avantageux d'emmancher avec étanchéité l'extrémité 33 de chacun des tubes internes 31 dans l'une respectivement des deux masses microporeuses annulaires 38, remplissant chacune un espace annulaire délimité entre une portion de l'extrémité 33 correspondante et une portion radialement périphérique du tube externe 21 dans le condenseur 28, et dont la fonction est de capter la phase liquide par capillarité au niveau du condenseur 28, tout en évitant un retour de la phase vapeur dans la conduite externe 34. On peut prolonger avantageusement ces masses microporeuses 38 annulaires le long de la paroi interne du tube externe 21 au niveau du condenseur 28, afin de pomper plus efficacement le liquide à ce niveau. Ce drain capillaire peut être réalisé par un manchon cylindrique 39 de masse microporeuse, d'épaisseur radiale inférieure à celle des masses 38, et les raccordant l'une à l'autre, et éventuellement d'une seule pièce avec les deux masses 38 dans un élément monolithique microporeux 40. En variante, le manchon cylindrique 39 peut être remplacé par un manchon métallique avec des rainures s'étendant de l'une à l'autre de ses extrémités axiales, dans sa face interne, chaque rainure formant un drain capillaire.

Le fonctionnement de ce dispositif est le suivant. La semelle 26 de l'évaporateur 22 collecte de la chaleur générée par la source chaude 27, et la transmet, par

conduction, au tronçon du tube externe 21 en contact avec la masse microporeuse 23.

Cette masse microporeuse 23, ainsi échauffée par le tronçon de tube externe 21 qui l'entoure, chauffe essentiellement dans sa zone centrale 23a le fluide en phase liquide provenant de la conduite externe 34 et qui a été aspiré et pompé par capillarité par la masse microporeuse 23, au niveau de ses zones d'extrémités longitudinales 23b suffisamment longues axialement pour isoler thermiquement le liquide dans la conduite externe 34 qui peut ainsi contenir une réserve liquide à proximité de la mèche 23. Chaque face d'extrémité axiale 23c de la mèche 23 où arrive la phase liquide est aussi éloignée de la zone centrale 23a de cette mèche qui est en échange thermique avec la source chaude 27. En d'autres termes, chaque zone d'extrémité 23b de la masse microporeuse 23 éloigne le liquide de la zone centrale 23a chaude où se produit la vaporisation. Le fluide en phase liquide pompé dans la masse microporeuse 23 est vaporisé dans la zone centrale 23a et la vapeur est collectée dans le conduit central 25 de la masse 23, d'où le fluide en phase vapeur s'évacue vers chacune des deux conduites internes 35, qui guident le fluide en phase vapeur jusqu'aux extrémités 33 des tubes internes 31, dans le condenseur 28, où la vapeur de ce fluide se condense, et les condensats liquides sont pompés par les masses microporeuses 38, 39 et guidés par la conduite externe 34 depuis le condenseur 28 vers l'évaporateur 22, pour assurer l'alimentation en fluide en phase liquide de la masse microporeuse 23, par ses deux faces et zones d'extrémités 23c et 23b longitudinales, comme déjà mentionné ci-dessus.

Ainsi, le fluide en phase liquide se déplace selon les flèches 36 de la figure 3, dans la conduite externe 34, depuis le condenseur 28 vers les deux extrémités longitudinales 23c de la masse microporeuse 23 de l'évaporateur 22, tandis que la vapeur générée par l'évaporateur 22 lors du fonctionnement de la boucle est récupérée dans le conduit central 25 de la masse 23, dans la zone centrale 23a de cette dernière, et évacuée par les deux zones d'extrémités longitudinales 23b de cette masse 23 dans les conduites internes 35, dans lesquelles le fluide en phase vapeur se déplace selon les flèches 37 de la figure 3, de l'évaporateur 22 jusqu'au condenseur 28, où ces conduites 35 sont en communication avec la conduite externe 34 de retour de fluide en phase liquide vers l'évaporateur 22 par l'intermédiaire de l'élément micro poreux 40. Le matériau thermiquement isolant des tubes internes 31, qui séparent la phase vapeur de la phase liquide, a pour avantage de limiter les échanges thermiques entre ces deux phases de fluide circulant dans la double boucle.

Du fait de la longueur importante de la masse microporeuse 23 par rapport à son diamètre et par rapport aux dimensions de la zone de collecte de la chaleur dans l'évaporateur 22, la réserve de fluide en phase liquide contenue dans la conduite externe 34, à l'intérieur du tube externe 21 et de part et d'autre de la masse microporeuse 23, se trouve suffisamment éloignée de la source chaude 27, malgré la taille réduite de l'évaporateur 22, pour minimiser le flux d'énergie thermique parasite vers cette réserve de liquide, ce qui permet d'améliorer la performance thermique du dispositif.

A noter que, dans la présentation donnée ci-dessus du dispositif, l'évaporateur 22 et le condenseur 28 comportent chacun un manchon thermiquement conducteur 24 ou 29, mais, en variantes, comme décrit ci-dessous en référence aux figures 7 à 10, ce manchon peut être constitué directement par un tronçon du tube externe 21 en un matériau bon conducteur de la chaleur, et qui, en variante également, peut n'être réalisé en un tel matériau bon conducteur thermiquement qu'au niveau des deux tronçons du tube externe 21 qui, pour l'un, entoure la masse microporeuse 23 et, pour l'autre, est entouré par le manchon du condenseur 28 ou constitue par lui-même ce manchon.

La figure 6 représente une variante simplifiée de dispositif de l'invention, comprenant une micro-boucle fluide élémentaire à pompage capillaire, dans laquelle on retrouve un tube externe 21 qui relie un évaporateur 22 à un condenseur 28, en étant engagé et fixé par ses deux extrémités longitudinales fermées dans des manchons 24 et 29 respectivement de l'évaporateur 22 et du condenseur 28. La partie d'extrémité axiale du tube externe 21 engagée dans le manchon 24 de l'évaporateur 22 entoure la masse microporeuse 23 cylindrique qui, dans cet exemple, présente un conduit longitudinal central 25, collecteur de vapeur, qui ne débouche que par l'extrémité longitudinale 23c de la masse 23 qui est tournée vers le condenseur 28, et dans laquelle est emmanchée et fixée une extrémité 32 d'un tube interne 31, thermiquement isolant, s'étendant à l'intérieur du tube externe 21, thermiquement conducteur. L'autre extrémité 33 du tube interne 31 est emmanchée dans une masse annulaire 38 d'un autre élément microporeux monolithique 40' permettant de séparer la phase liquide de la phase vapeur au niveau du condenseur 28, et débouche à

l'intérieur de la partie d'extrémité du tube externe 21 logée dans le manchon 29 du condenseur 28 et garnie de cette élément microporeux 40', pour faire communiquer la conduite 35, interne au tube interne 31 et guidant le fluide en phase vapeur de la sortie du conduit 25 de la masse 23 vers le condenseur 28, avec la conduite externe annulaire 36 guidant le fluide condensé en phase liquide du condenseur 28 vers la masse microporeuse 23 de l'évaporateur 22, qui pompe ce liquide par capillarité et le vaporise sous l'effet de la chaleur reçue de la source chaude 27, en relation d'échange thermique avec l'évaporateur 22, cette chaleur évacuée de la source chaude 27 étant cédée par le condenseur 28 à la source froide 30, lorsque la boucle fluide est en fonctionnement, dans les mêmes conditions que décrit ci-dessus pour l'exemple des figures 3 à 5.

L'élément microporeux 40' comprend la masse annulaire 38, analogue à l'une des deux masses annulaires 38 de la figure 3 et occupant l'espace radial entre l'extrémité 33 et le tube externe 21, et prolongée vers l'extrémité fermée du tube externe 21 par un mince tube microporeux axial 39' et un mince disque radial microporeux 41 contre le fond fermant cette extrémité du tube 21, le tube 39' et le disque 41 microporeux constituant un drain capillaire qui facilite l'alimentation de la masse 38 en liquide condensé dont le condenseur 28 à l'intérieur de l'élément 40', et ainsi guidé par pompage capillaire dans la conduite 31 externe.

Sur la figure 6, les tubes 21 et 31 sont rectilignes, mais ils peuvent être coudés, dans leurs parties centrales entre les évaporateur 22 et condenseur 28, pour adapter le

dispositif au volume disponible dans l'environnement immédiat de la source chaude 27 et/ou froide 30.

Les figures 7 et 8 représentent une variante de réalisation du dispositif selon les figures 3 à 5, dans laquelle les manchons externes de l'évaporateur 22 et du condenseur 28 sont supprimés et remplacés chacun par un tronçon respectif de tube externe 21 de diamètres externe et interne constants sur toute sa longueur. De même, les diamètres externe et interne des tubes internes 31 sont constant sur toute leur longueur, les diamètres internes des tubes internes 31 et du conduit central 25 de la masse microporeuse 23 étant égaux. Pour le reste, l'agencement de l'évaporateur 22 et du condenseur 28 est essentiellement le même que sur les figures 3 et 4, de sorte que les mêmes références désignent les mêmes éléments. Toutefois, dans cette variante, des drains capillaires 42 en forme de rainures sont creusés dans la face externe de chaque tube interne 31 au moins au niveau de la partie d'extrémité 32 du tube interne 31 qui s'emmanche dans la masse microporeuse 23, de sorte à amener du liquide profondément dans ladite masse 23. Un grand nombre de rainures 42 peuvent être ménagées dans toute la périphérie externe de chaque tube interne 31, afin d'optimiser le débit de pompage du fluide (voir figure 8). Ces drains capillaires 42, en forme de rainures qui se resserrent au niveau de leur ouverture dans la face externe du tube interne 31, donc de section favorable au pompage capillaire du liquide utilisé dans la boucle, peuvent se prolonger sur toute la longueur du tube interne 31 correspondant jusqu'au niveau du condenseur 28, dans l'extrémité 33 du tube 31, comme représenté sur les demi-coupes supérieures des figures 7 et 8. Toutefois, ces rainures ne s'enfoncent pas plus profondément que la

moitié de l'épaisseur de la paroi du tube interne 31, afin de conserver une bonne isolation thermique entre les phases vapeur et liquide du fluide. Dans cet exemple des figures 7 et 8, l'extrémité 32 de chaque tube interne 31 pénètre dans la masse microporeuse 23 sur une distance axiale d'une à plusieurs fois le diamètre du tube externe 21, de sorte que les rainures définissant les drains capillaires 42 guident le liquide profondément à l'intérieur de la masse 23 par capillarité.

En variante, les rainures des drains 42, qui peuvent être parallèles à l'axe du tube 31 ou hélicoïdales, sont remplies d'une matière microporeuse, dont les pores ont des dimensions supérieures à celles des pores de la masse microporeuse 23, et sensiblement égales ou supérieures à celles des pores de la masse microporeuse 40.

Dans une autre variante représentée sur les demi-coupes inférieures des figures 7 et 8, les drains capillaires 42 en forme de rainures peuvent être remplacés, au moins au niveau de l'évaporateur 22, mais de préférence sur toute la longueur de chaque tube interne 31, par une autre masse microporeuse annulaire 43 entourant le tube interne 31, cette autre masse microporeuse 43 pouvant avoir une constitution différente de la masse microporeuse 23 principale utilisée pour l'évaporation du fluide, par exemple présenter des pores d'un diamètre moyen significativement plus important, typiquement d'un facteur 2 à 10, que le diamètre moyen des pores de la masse microporeuse principale 23 et sensiblement égal ou légèrement supérieur à celui des pores de la masse microporeuse 40. On réalise ainsi des drains capillaires microporeux 43.

Les figures 9 et 10 représentent respectivement en coupes longitudinale au niveau de l'évaporateur 22 et transversale entre ce dernier et le condenseur 28, deux autres variantes de réalisation du dispositif selon l'invention. Dans une variante selon les demi-coupes supérieures des figures 9 et 10, la paroi externe de chaque tube interne 31 est en contact avec la paroi interne du tube externe 21, depuis les extrémités longitudinales de la masse microporeuse 23 de l'évaporateur 22 jusqu'au condenseur 28, sauf au niveau des ouvertures resserrées de nombreuses conduites externes 34', dont chacune est d'une faible section transversale, dans cet exemple en forme de goutte, et ménagées dans la surface externe des tubes internes 31 qui est creusée d'une multitude de rainures 42' sur toute la périphérie de chaque tube 31. Ces rainures 42' longitudinales ou hélicoïdales, ou autres, qui définissent chacune une conduite externe 34', ne sont creusées que dans sensiblement la moitié radiale externe de l'épaisseur de la paroi de chaque tube interne 31, de sorte que la phase liquide circulant dans ces rainures 42' - conduites externes 34' reste bien isolée thermiquement de la phase vapeur circulant dans les conduites internes 35 à l'intérieur des tubes 31.

Pour le reste, on retrouve dans l'évaporateur 22, sensiblement le même agencement de mèche 23 que sur la figure 7, avec cependant une découpe en échelon des extrémités 33 des tubes internes 31 à l'emmanchement dans la masse microporeuse 23, lorsque les drains capillaires formés par ces conduites externes 34' se prolongent dans la mase microporeuse pour alimenter en liquide les faces d'extrémités 23c des zones d'extrémités 23b de la masse 23, tandis que la moitié annulaire radiale interne et

massive de chaque tube interne 31 vient en butée contre une face d'extrémité axiale de la zone centrale 23a de cette masse 23. Au niveau du condenseur (non représenté) on peut retrouver également sensiblement les mêmes agencements que sur la figure 7, avec les extrémités des rainures 34' des tubes 31 qui débouchent contre la masse microporeuse annulaire 38, une autre masse microporeuse centrale et cylindrique pouvant, en option, être montée entre les deux masses annulaires 38.

En variante, il est possible de remplir les conduites externes 34' d'une matière microporeuse à pores de dimensions moyennes supérieures à celles des pores de la masse 23, au moins dans les parties d'extrémité 32 et, éventuellement 33, des tubes 31, au niveau de l'évaporateur et du condenseur, voire sur toute la longueur des tubes 31.

En variante également, comme représenté sur les demi-coupes inférieures des figures 9 et 10, les conduites externes 34' formant drains capillaires peuvent être remplacées par une autre masse microporeuse annulaire 43', entourant les extrémités 32 et/ou 33, voire la totalité de chaque tube 31, dont l'épaisseur radiale est réduite à sensiblement sa moitié radiale interne, les dimensions moyennes des pores de la masse annulaire 43' étant supérieures à celles des pores de la masse 23, et sensiblement égales ou légèrement supérieures à celle de la masse microporeuse du condenseur. On réalise ainsi des conduites externes agencées en drains capillaires 43'.Il est également possible de réaliser un dispositif à simple boucle à un seul tube interne 31 selon la figure 6 avec la réalisation des conduites externes 34' agissant en drains capillaires et définis par des rainures 42' dans la face

externe du tube interne 31 en contact avec la face interne du tube externe 21 comme sur les figures 9 et 10, un tube de remplissage en fluide liquide pouvant alors être prévu dans le prolongement axial du condenseur 28, du côté opposé à l'évaporateur 22.

Dans des réalisations de boucles doubles, comme sur les figures 3, 7 et 9, le tube de remplissage débouche « radialement » ou perpendiculairement dans une portion du tube externe 21 située entre condenseur et évaporateur 22.

Compte-tenu des faibles dimensions d'un dispositif à au moins une micro-boucle fluide selon l'invention, un tel dispositif trouve une application avantageuse au transfert d'énergie thermique d'une source chaude 27 à densité de puissance thermique élevée mais de faible dimension, tel qu'un composant ou circuit électronique, placée en relation d'échange thermique avec l'évaporateur du dispositif de l'invention, à une source froide 30 placée en relation d'échange thermique avec le condenseur dudit dispositif.

REVENDICATIONS

1. Dispositif passif de régulation thermique, comportant au moins une boucle de transfert thermique à pompage capillaire d'un fluide caloporteur, ladite boucle comprenant un évaporateur (22) comportant une masse microporeuse (23), et un condenseur (28), destinés à être en relation d'échange thermique avec respectivement une source chaude (27) et une source froide (30), et une tuyauterie reliant l'évaporateur (22) au condenseur (28) et transportant le fluide caloporteur essentiellement en phase vapeur de l'évaporateur (22) vers le condenseur (28) et essentiellement en phase liquide du condenseur (28) vers l'évaporateur (22), la tuyauterie comprenant un tube externe (21), logeant la masse microporeuse (23) de forme sensiblement allongée, et qui assure la circulation de fluide caloporteur en phase liquide par pompage capillaire, caractérisé en ce que ladite phase liquide dudit fluide est pompée par au moins une extrémité (23c) de la masse microporeuse (23) qui est tournée vers le condenseur (28), et circule dans au moins une conduite externe (34) délimitée entre ledit tube externe (21) et au moins un tube interne (31) s'étendant dans ledit tube externe (21), et la phase vapeur dudit fluide chauffé dans la masse microporeuse (23) de l'évaporateur (22) est collectée dans un conduit (25) central longitudinal

ménagé dans ladite masse microporeuse (23) et s'évacue par au moins une conduite interne (35) délimitée dans ledit au moins un tube interne (31), ledit au moins un tube interne (31) étant raccordé par une extrémité (32) à une extrémité dudit conduit central (25), tandis que la phase vapeur s'évacue à l'autre extrémité (33) dudit au moins un tube interne (31), au niveau du condenseur (28).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit tube externe (21) est refermé sur lui-même en formant une boucle continue, dont deux parties sensiblement opposées, par rapport au centre de ladite boucle, sont en relation d'échange thermique l'une avec ledit condenseur (28), et l'autre avec ledit évaporateur (22) et avec ladite masse microporeuse (23), logée dans ladite autre partie du tube externe (21), et traversée sur toute sa longueur par ledit conduit central (25), deux tubes internes (31) s'étendant dans ledit tube externe (21), chacun des deux tubes internes (31) étant raccordé, par une première extrémité (32), à l'une respectivement des deux extrémités du conduit central (25) de ladite masse microporeuse (23), tandis que la seconde extrémité (33) de chaque tube interne (31) débouche, dans ledit condenseur (28) en regard de la seconde extrémité (33) de l'autre tube interne (31) de sorte à faire communiquer la conduite interne (35) de fluide en phase vapeur délimitée dans chaque tube interne (31) avec ladite au moins une conduite externe (34) de fluide en phase liquide s'écoulant du condenseur (28) vers la face d'extrémité (23c) correspondante de ladite masse microporeuse (23).

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit tube externe (21) est fermé à ses deux extrémités, et ses deux extrémités sont en relation d'échange thermique l'une avec ledit condenseur (28), et l'autre avec ledit évaporateur (22) et avec ladite masse microporeuse (23) logée dans cette extrémité du tube externe (21), ladite phase liquide dudit fluide est pompée par l'extrémité (23c) de la masse microporeuse (23) tournée vers le condenseur (28), et circule dans une conduite externe (34) délimitée entre ledit tube externe (21) et un tube interne (31) s'étendant dans ledit tube externe (21), et la phase vapeur dudit fluide chauffé au niveau de la masse microporeuse (23) de l'évaporateur (22) est collectée dans un conduit (25) central longitudinal ménagé dans ladite masse microporeuse (23) et s'évacue par la conduite interne (35) délimitée dans ledit tube interne (31), ledit tube interne étant raccordé par une extrémité (32) à une extrémité dudit conduit central (25), tandis que la phase vapeur s'évacue à l'autre extrémité (33) dudit tube interne (31), au niveau du condenseur (28).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite autre extrémité (33) dudit au moins un tube interne (31) située au niveau du condenseur (28) est emmanchée dans une masse microporeuse annulaire (38) remplissant un espace délimité dans ledit condenseur entre ladite autre extrémité (33) dudit tube interne (31) et ledit tube externe (21).

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le liquide se condensant au niveau du condenseur (28) est drainé jusqu'à la dite masse microporeuse annulaire (38), avantageusement le long de la paroi dudit tube externe (21) par exemple par un drain capillaire ou une masse microporeuse (39) située le long de la paroi dudit tube externe (21) au niveau dudit condenseur (28).

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que chacun de l'évaporateur (22) et du condenseur (28) comprend au moins un manchon externe (24, 29) en un matériau bon conducteur de la chaleur, ledit au moins un manchon (24) de l'évaporateur (22) entourant, au moins partiellement, une partie du tube externe (21) qui loge ladite masse microporeuse (23), et ledit au moins un manchon (29) du condenseur (28) entourant une partie du tube externe (21) dans laquelle au moins une conduite interne (35) libère le fluide en phase vapeur vers ladite au moins une conduite externe (34).

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'un au moins des manchons externes (24, 29) de l'évaporateur (22) et du condenseur (28) comporte au moins une semelle (26) en un matériau bon conducteur de la chaleur et par laquelle ledit manchon (24, 29) est destiné à être mis en relation d'échange thermique avec une source respectivement chaude (27) ou froide (30).

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ledit

au moins un tube interne (31) a ses parois constituées en au moins un matériau isolant thermiquement, de préférence en une matière synthétique dite plastique.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ledit au moins un tube interne (31) d'évacuation de la vapeur pénètre à l'intérieur de ladite masse microporeuse (23)

10. Dispositif selon la revendication 9 caractérisé en ce que ledit au moins un tube interne (31) comporte dans sa paroi externe au moins un drain capillaire (42) défini par exemple par au moins une rainure sensiblement longitudinale, au moins au niveau de la partie (32) dudit tube interne (31) qui pénètre dans la masse microporeuse (23), de sorte à amener la phase liquide profondément à l'intérieur de ladite masse microporeuse (23) par capillarité.

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que ledit au moins un tube interne (31) comporte dans sa paroi externe des drains capillaires (42) définis par exemple par des rainures sensiblement longitudinales, lesdit drains capillaires se prolongeant de préférence sur l'ensemble de la longueur dudit tube (31).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que en dehors de ladite masse microporeuse (23), la paroi externe dudit au moins un tube interne (31) est en contact avec la paroi interne dudit tube externe (21), sauf au niveau d'au moins un drain capillaire

défini par exemple par au moins une rainure (42') sensiblement longitudinale creusée dans la surface externe dudit tube interne (31) et définissant au moins une conduite externe (34') amenant la phase liquide dudit fluide

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que ladite masse microporeuse (23) a une forme externe sensiblement cylindrique, ainsi que la partie dudit tube externe (21) qui la loge sans jeu radial.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que ledit évaporateur (22) présente une zone (26) destinée à être en contact d'échange thermique avec ladite source chaude (27) et dont une dimension selon l'axe dudit tube externe (21) est significativement plus petite que la longueur de ladite masse microporeuse (23), de préférence de l'ordre d'au moins la moitié de ladite longueur de ladite masse (23).

15. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que ladite masse microporeuse (23) présente une longueur qui est d'environ 2 à 15 fois plus importante que son diamètre.

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que ledit tube externe (21) est en contact d'échange thermique avec ladite masse microporeuse (23) sur toute la surface externe de ladite masse (23) hormis une ou ses deux faces d'extrémité longitudinale (23c).

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que ledit tube externe (21) est de section de diamètre constant.

18. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que ledit tube externe (21) est réalisé en un matériau bon conducteur de la chaleur, au moins dans une partie en relation d'échange thermique avec ladite masse microporeuse (23), et dans une autre partie en relation d'échange thermique avec ledit condenseur (28) ou constituant ce dernier.

19. Dispositif selon la revendication 18, caractérisé en ce que ledit tube externe (21) est métallique, de préférence en acier inoxydable.

20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, caractérisé en ce que ledit tube externe (21) et ledit au moins un tube interne (31) sont cylindriques de section transversale circulaire, le diamètre dudit au moins un tube interne (31) étant sensiblement la moitié du diamètre du tube externe (21).

21. Application d'un dispositif (20) passif de régulation thermique à au moins une boucle de transfert thermique selon l'une quelconque des revendications 1 à 20 au transfert d'énergie thermique d'une source chaude (27), tel qu'un composant ou ensemble de composants électroniques, en relation d'échange thermique avec l'évaporateur (22), à une source froide (30), en relation d'échange thermique avec le condenseur (28).

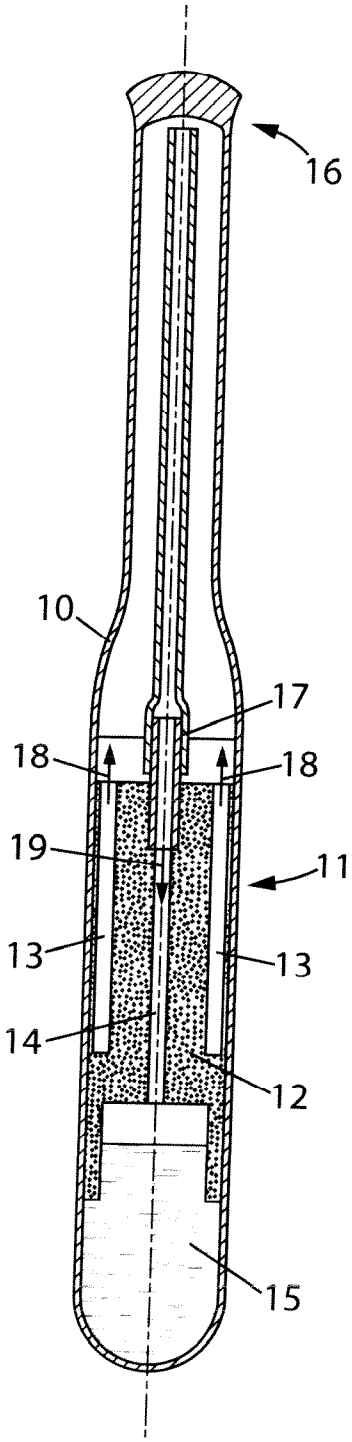


FIG. 1
(ART ANTÉRIEUR)

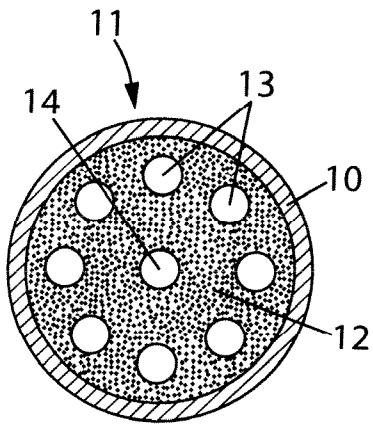


FIG. 2
(ART ANTÉRIEUR)

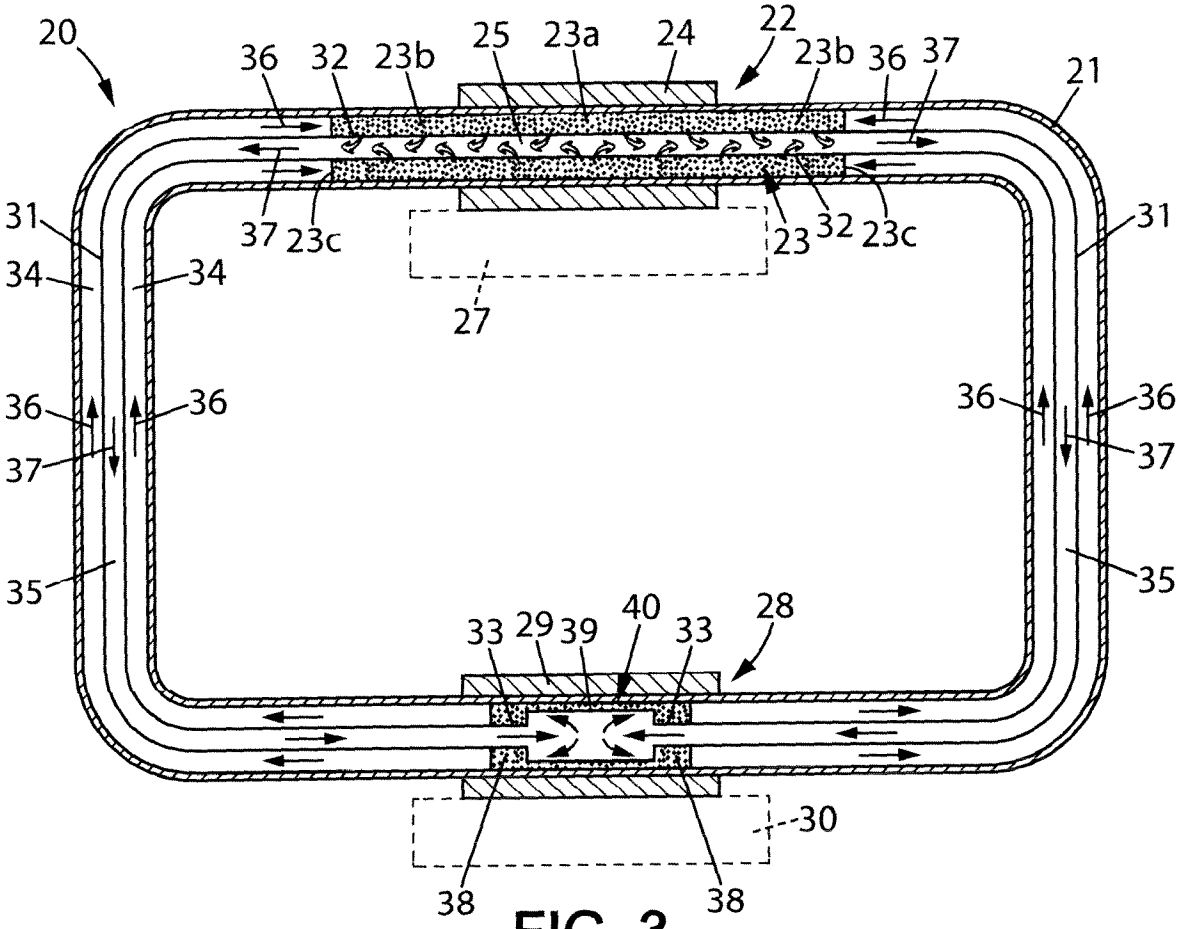

20
36
32
23b
25
23a
24
22
23b
36
37
21
31
37
23c
23
32
23c
31
34
34
27
36
36
36
36
37
37
35
35
33
29
39
40
33
28
30
38
38

FIG. 3

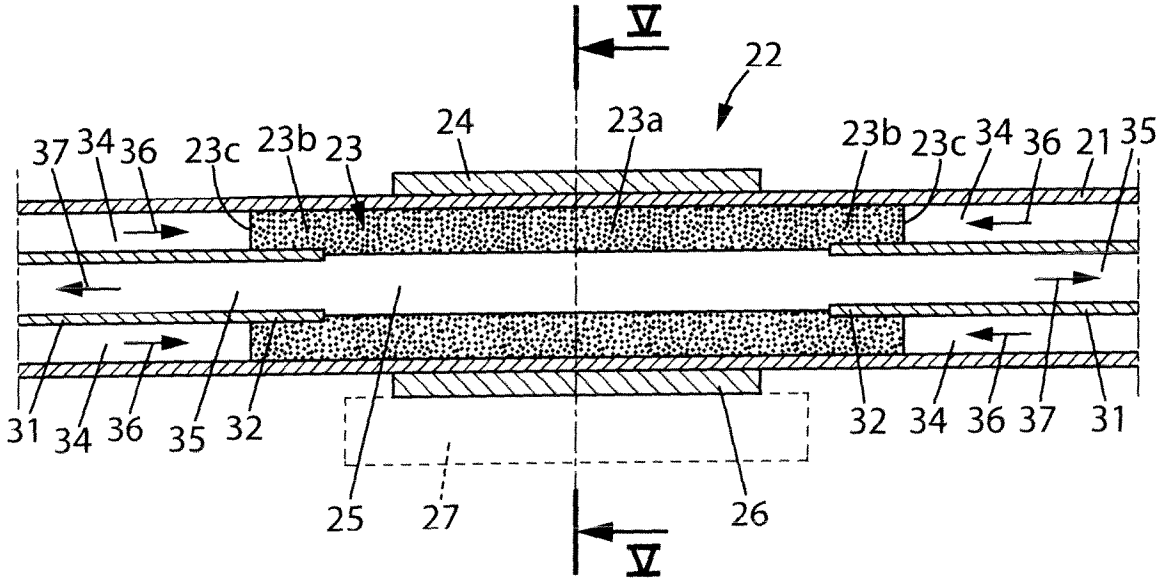

V
22
37
34
36
23c
23b
23
24
23a
23b
23c
34
36
21
35
31
34
36
35
32
25
27
26
32
34
36
37
31
V

FIG. 4

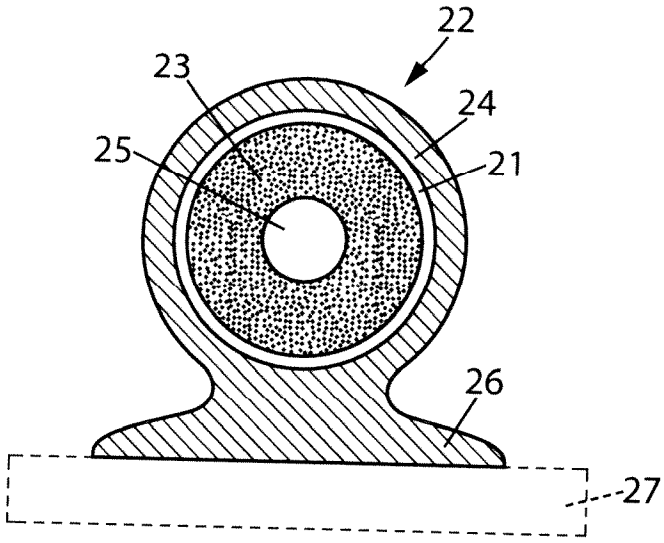


FIG. 5

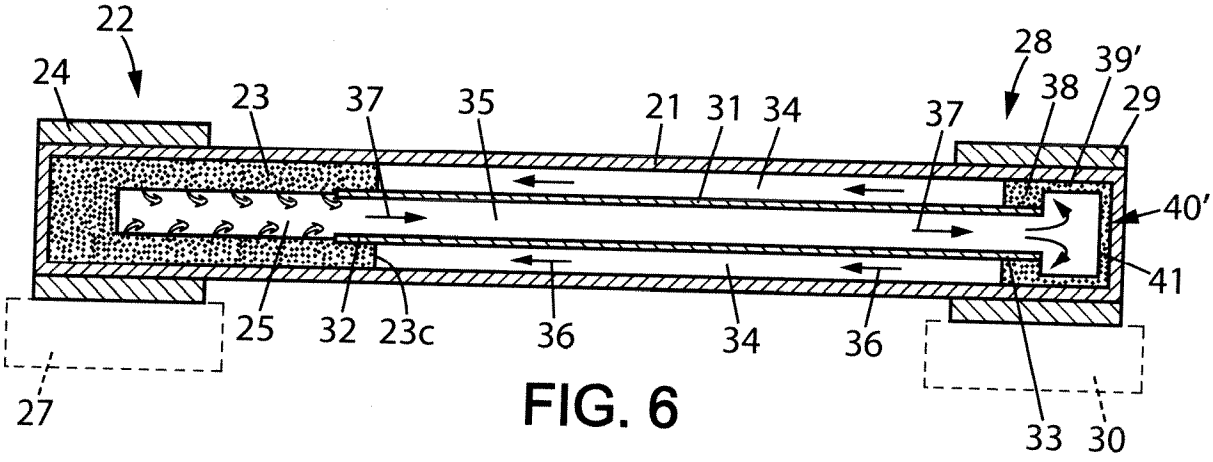


FIG. 6

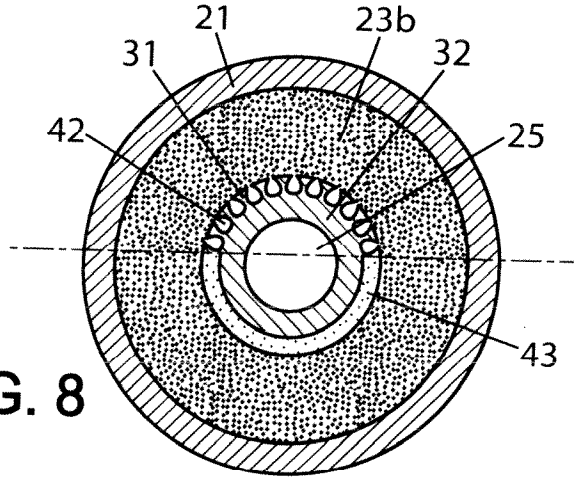


FIG. 8

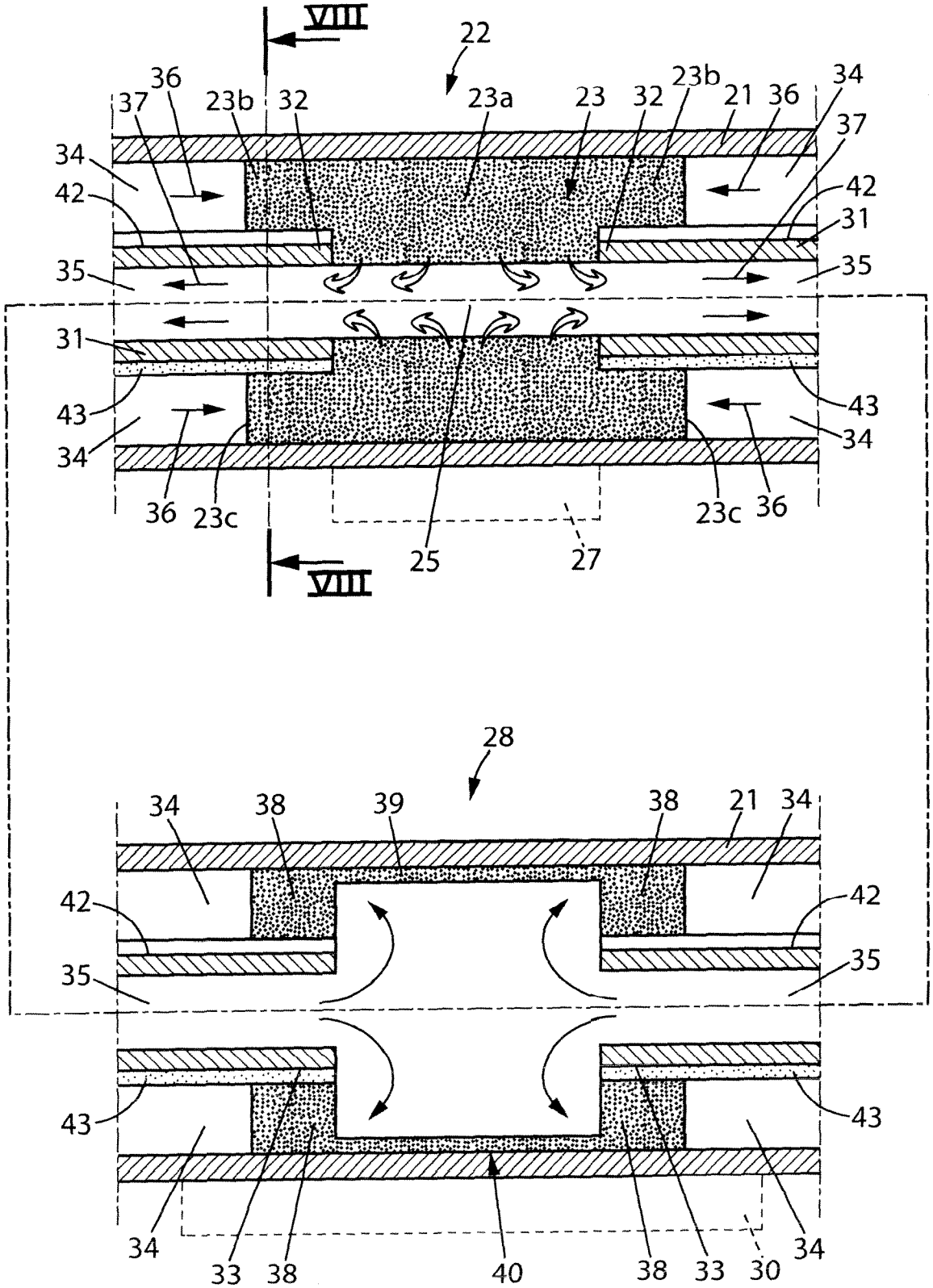

VIII
22
36
37
23b
32
23a
23
32
23b
21
36
34
37
34
42
42
31
35
35
31
43
43
34
34
36
23c
25
27
23c
36
VIII
28
34
38
39
38
21
34
42
42
35
35
43
43
34
33
38
40
38
33
30
34

FIG. 7

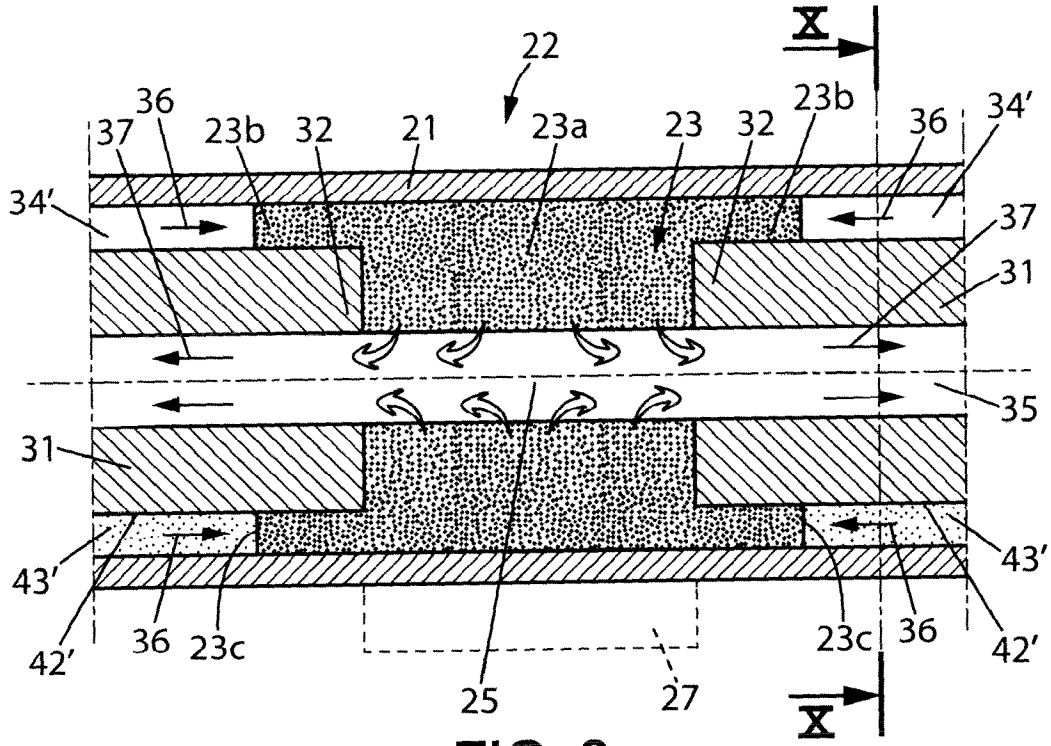

X
22
36
37
23b
32
21
23a
23
32
23b
36
34'
34'
37
31
35
31
43'
42'
36
23c
25
27
23c
36
43'
42'
X

FIG. 9

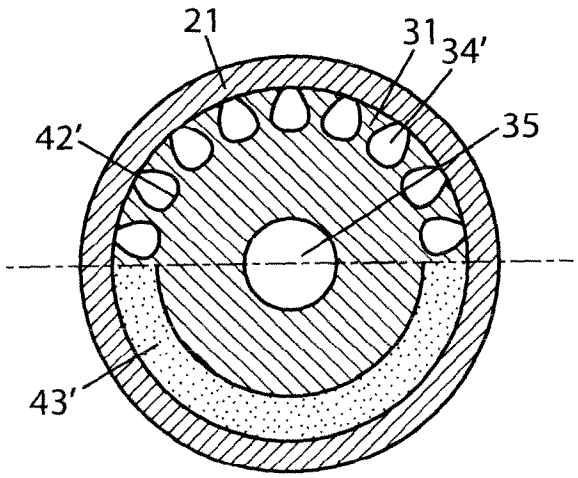

21
31
34'
42'
35
43'

FIG. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2008/051326

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F28D15/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F28D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2005/086806 A1 (WERT KEVIN L [US]) 28 April 2005 (2005-04-28) the whole document	1-21
A	US 6 443 222 B1 (YUN HAYONG [KR] ET AL) 3 September 2002 (2002-09-03) the whole document	1-21
A	US 2002/195230 A1 (LI JIA HAO [TW]) 26 December 2002 (2002-12-26) the whole document	1-21

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
9 décembre 2008	05/01/2009

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bain, David

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2008/051326

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MESTEMACHER F ET AL: "KAPILLARGEPUMPTE ZWEIPHASENKREISLAEUFE FUER RAUMFAHRTANWENDUNGEN" ZEITSCHRIFT FUR FLUGWISSENSCHAFTEN UND WELTRAUMFORSCHUNG, DFVLR. KOLN, DE, vol. 16, no. 5, 1 October 1992 (1992-10-01), pages 294-300, XP000321744 ISSN: 0342-068X the whole document	1-21
A	US 2003/051859 A1 (CHESSER JASON B [US] ET AL) 20 March 2003 (2003-03-20) the whole document	1-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/FR2008/051326

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005086806 A1	28-04-2005	US 2005087328 A1	28-04-2005
US 6443222 B1	03-09-2002	JP 2001196778 A	19-07-2001
		KR 20010045772 A	05-06-2001
US 2002195230 A1	26-12-2002	CN 1393678 A	29-01-2003
US 2003051859 A1	20-03-2003	AT 323266 T	15-04-2006
		CN 1556911 A	22-12-2004
		CN 101093818 A	26-12-2007
		DE 60210640 T2	05-04-2007
		EP 1427971 A2	16-06-2004
		WO 03025475 A2	27-03-2003
		US 2003051860 A1	20-03-2003
		US 2004050533 A1	18-03-2004
		US 2004040695 A1	04-03-2004

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2008/051326

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. F28D15/04

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
F28D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela estréalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2005/086806 A1 (WERT KEVIN L [US]) 28 avril 2005 (2005-04-28) le document en entier	1-21
A	US 6 443 222 B1 (YUN HAYONG [KR] ET AL) 3 septembre 2002 (2002-09-03) le document en entier	1-21
A	US 2002/195230 A1 (LI JIA HAO [TW]) 26 décembre 2002 (2002-12-26) le document en entier	1-21

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
9 décembre 2008	05/01/2009

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bain, David

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2008/051326

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	MESTEMACHER F ET AL: "KAPILLARGEPUMPTE ZWEIPHASENKREISLAEUFE FUER RAUMFAHRTANWENDUNGEN" ZEITSCHRIFT FUR FLUGWISSENSCHAFTEN UND WELTRAUMFORSCHUNG, DFVLR. KOLN, DE, vol. 16, no. 5, 1 octobre 1992 (1992-10-01), pages 294-300, XP000321744 ISSN: 0342-068X le document en entier	1-21
A	US 2003/051859 A1 (CHESSER JASON B [US] ET AL) 20 mars 2003 (2003-03-20) le document en entier	1-21

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2008/051326

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2005086806 A1	28-04-2005	US 2005087328 A1	28-04-2005
US 6443222 B1	03-09-2002	JP 2001196778 A	19-07-2001
		KR 20010045772 A	05-06-2001
US 2002195230 A1	26-12-2002	CN 1393678 A	29-01-2003
US 2003051859 A1	20-03-2003	AT 323266 T	15-04-2006
		CN 1556911 A	22-12-2004
		CN 101093818 A	26-12-2007
		DE 60210640 T2	05-04-2007
		EP 1427971 A2	16-06-2004
		WO 03025475 A2	27-03-2003
		US 2003051860 A1	20-03-2003
		US 2004050533 A1	18-03-2004
		US 2004040695 A1	04-03-2004